

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**  
**FACULTAD DE VETERINARIA**

**ANATOMIA DEL APARATO DIGESTIVO DE TERNEROS HOLANDO NEONATOS**

**por**

**FERNANDEZ SILVEIRA, Martina**

**HORNOS MORAES, Leticia Paola**

TESIS DE GRADO presentada como  
uno de los requisitos para obtener el  
título de Doctor en Ciencias  
Veterinarias.  
Orientación: Producción Animal  
MODALIDAD: Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO**

**URUGUAY**

**2019**

## PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis aprobada por:

Presidente:

-----

Dra. Dellis Dos Santos

Segundo miembro:

-----

Prof. Dr. William Pérez

Tercer miembro:

-----

Dra. Noelia Vázquez

Fecha de aprobación: 31/10/2019.

Autores:

-----

Martina Fernández Silveira

-----

Leticia Hornos Moraes

## AGRADECIMIENTOS

- A William Pérez, por su tutoría, dedicación y todo el apoyo brindado durante la realización del trabajo.
- A Noelia Vázquez, Tánat De Almeida, Gonzalo Zuasnabar y Mario López por su invaluable y desinteresado aporte.
- A Ana Laura y Alejandro de la Facultad de Ciencias por realizar la microscopia electrónica de las muestras tomadas.
- Al personal de biblioteca por su ayuda, disposición y proporción del material bibliográfico.
- A César Robaina, Dr. Gastón Cuestas y flia Soria del tambo "El Cerro" por conseguir los terneros para poder llevar a cabo el trabajo experimental.
- A la Facultad de Veterinaria, sus docentes y funcionarios que contribuyeron en nuestra formación personal y profesional.
- A nuestros amigos de la vida, a los de Facultad por su compañerismo y apoyo constante.
- A nuestras familias por estar siempre y acompañarnos en este camino.

## TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
1. LISTA DE FIGURAS.....	5
2. LISTA DE TABLAS .....	6
3. RESUMEN.....	7
4. SUMMARY.....	8
5. INTRODUCCIÓN.....	11
5.1 Generalidades de los rumiantes.....	11
5.2 Aspectos productivos del rumiante.....	11
5.3 Desarrollo del tubo digestivo.....	12
5.4 Estudios anatómicos previos.....	14
5.5 Caracterización del problema.....	16
6. OBJETIVOS.....	17
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
8. RESULTADOS.....	21
9. DISCUSIÓN.....	39
10. CONCLUSIONES.....	42
11. BIBLIOGRAFÍA.....	43

## 1. LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Desarrollo de los compartimentos gástricos del bovino, del nacimiento a la madurez.....	13
Figura 2. Vista del estómago aislado de un ternero neonato.....	22
Figura 3. Vista del rumen.....	23
Figura 4. Vista macroscópica del pilar caudal. ....	24
Figura 5. Mucosa del saco dorsal del rumen .....	25
Figura 6. Vista macroscópica del pilar caudal.....	26
Figura 7. Microscopía electrónica del saco ventral del rumen.....	27
Figura 8. Microscopía electrónica del atrio del rumen.....	28
Figura 9. Retículo.....	29
Figura 10. Microscopía electrónica de celdillas y crestas reticulares.....	30
Figura 11. Retículo de neonato.....	31
Figura 12. Retículo de animal adulto.....	32
Figura 13. Labio del surco reticular.....	33
Figura 14. Papilas unguiculiformes del ternero neonato .....	33
Figura 15. Papilas unguiculiformes de un adulto.....	34
Figura 16. Láminas del omaso.....	35
Figura 17. Láminas cuaternarias y sus papilas omasales.....	36
Figura 18. Intestino aislado del ternero.....	37
Figura 19. Intestino aislado del ternero.....	38

## 2. LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Peso de glándulas y músculo masetero.....21

Tabla 2. Número y área de las láminas del omaso.....34

### 3. RESUMEN

Ninguna investigación ha evaluado en forma global todas las partes del aparato digestivo en terneros recién nacidos, como las glándulas salivales, el rumen, el retículo, surco reticular, el omaso, el desarrollo papilar del rumen, retículo y omaso, los orificios internos y el intestino entre otros órganos tan importantes. Ningún libro de Anatomía consultado aporta datos de las variables analizadas y mucho menos relacionado al peso corporal del animal. El objetivo del presente trabajo fue describir cuantitativamente la anatomía de los órganos del aparato digestivo de terneros Holando neonatos, describir, cuantificar el peso y dimensiones de cada órgano, realizar microscopía electrónica de barrido del rumen, retículo, surco reticular, papilas unguiculiformes y omaso. Se utilizaron 2 terneros Holando, los cuales fueron eutanasiados con tiopental sódico. El método de estudio fue la disección simple y el uso de microscopía electrónica de barrido. Las medidas anatómicas se tomaron siguiendo los procedimientos estándar para los rumiantes. Las glándulas parótidas representaban el 0,08% del peso del animal, mientras las glándulas mandibulares correspondían al 0,04% y los músculos maseteros al 0,09%. El esófago tenía una longitud de  $48,25 \pm 3,18$  cm. En cuanto al estómago su peso lleno fue de  $1015 \pm 7,07$  g. Las papilas del saco dorsal del rumen medían  $332,2 \pm 34,31$   $\mu\text{m}$ , las del saco ventral del rumen medían  $328,2 \pm 33,47$   $\mu\text{m}$ , y las del atrio del rumen medían  $788,33 \pm 73,77$   $\mu\text{m}$ . Al microscopio electrónico de barrido los labios del surco reticular se observaban con elevaciones sinuosas que recordaban la disposición del adulto; similar a celdillas reticulares sinuosas y poco elevadas. Las papilas unguiculiformes medían  $1529,8 \pm 488,66$   $\mu\text{m}$ . El omaso midió  $6,50 \pm 0,71$  cm de altura por  $8,20 \pm 0,71$  cm de largo, y su curvatura fue de  $20 \text{ cm} \pm 2,83$  cm. Las láminas encontradas eran mayormente primarias, secundarias y terciarias; las láminas cuaternarias estaban reducidas a finas elevaciones que se vieron al microscopio electrónico de barrido. El área total de las láminas omasales era de  $748 \text{ cm}^2$ . El abomaso fue el compartimiento más grande del estómago, la curvatura mayor midió  $52,75 \pm 1,06$  cm y la curvatura menor  $28,75 \pm 1,06$  cm. La disposición del intestino es la misma del adulto, con tres asas y los mismos giros en el colon ascendente. La longitud del intestino delgado fue de  $950 \pm 70,71$  cm. En el intestino grueso el ciego tuvo una longitud de  $20,50 \pm 0,71$  cm, el asa proximal  $15,50 \pm 2,12$  cm, mientras el resto del colon y recto midió  $228,50 \pm 2,12$  cm. La relación entre intestino delgado/ intestino

grueso fue de 3,59. Los datos morfométricos aportados en este trabajo para los diversos órganos estudiados no fueron reportados en la literatura consultada y no se pueden discutir con otros trabajos. En cuanto al rumen, a simple vista este órgano tiene la superficie interna lisa o con unas rugosidades pequeñas en el saco dorsal. Al microscopio electrónico de barrido se detectó la presencia de papilas ruminales de desarrollo variable entre las diferentes partes, tal como se presentan en el animal adulto, predominando en el atrio del rumen. El retículo presenta una conformación similar a la del adulto, con papilas en el fondo de las celdillas, en las paredes y borde libre de las crestas reticulares. Se analizó por primera vez el área de las láminas omasales y se aportaron fotografías del estómago con microscopía electrónica de barrido que son únicas. Los datos y fotografías de nuestro trabajo contribuyen como punto de partida inicial en estudios del desarrollo de estos órganos en la etapa postnatal o ante el consumo de diferentes dietas.

#### 4. SUMMARY

No research has globally evaluated all parts of the digestive system in newborn calves, such as the salivary glands, the rumen, the reticulum, reticular groove, the omasum, the papillary development of the rumen, reticulum and omasum, the internal orifices and the intestine among other important organs. There is no anatomy book consulted that provides data on the variables analyze, much less related to the body weight of the animal. The aim of this work is to describe quantitatively the anatomy of the organs of the digestive system of Holstein neonate calves; to describe and quantify the weight, dimensions of each organ and to perform scanning electron microscopy of the rumen, reticulum, reticular groove, unguiculiform papillae and omasum. Two Holstein calves were used, euthanized with sodium thiopental. The method of study was simple dissection and the use of scanning electron microscopy. Anatomical measurements were taken following standard procedures for ruminants. The parotid glands represented 0.08% of the animal's weight, while the mandibular glands corresponded to 0.04% and the masseter muscles 0.09%. The esophagus had a length of  $48.25 \pm 3.18$  cm. The full weight of the stomach was  $1015 \pm 7.07$  g. The papillae of the dorsal sac of the rumen measured  $332.2 \pm 34.31$   $\mu\text{m}$ , those of the ventral sac of the rumen measured  $328.2 \pm 33.47$   $\mu\text{m}$ , and those of the atrium of the rumen measured  $788.33 \pm 73.77$   $\mu\text{m}$ . At the scanning electron microscope, the lips of the reticular groove were observed with sinuous elevations reminiscent of the adult's disposition, similar to sinuous and slightly elevated reticular cells. The unguiculiform papillae measured  $1529.8 \pm 488.66$   $\mu\text{m}$ . The omasum measured  $6.50 \pm 0.71$  cm high by  $8.20 \pm 0.71$  cm long, and its curvature was  $20 \text{ cm} \pm 2.83$  cm. The laminae found were mostly primary, secondary and tertiary; the quaternary laminae were reduced to fine elevations that were seen in the scanning electron microscope. The total area of the omasal laminae was 748 cm<sup>2</sup>. The abomasum was the largest compartment of the stomach; the greater curvature measured  $52.75 \pm 1.06$  cm and the lesser curvature  $28.75 \pm 1.06$  cm. The arrangement of the intestine was the same as the adult, with three ansa and the same gyrus in the ascending colon. The length of the small intestine was  $950 \pm 70.71$  cm. In the large intestine, the cecum had a length of  $20.50 \pm 0.71$  cm, the ansa proximalis  $15.50 \pm 2.12$  cm, while the rest of the colon and rectum measured  $228, 50 \pm 2.12$  cm. The relation between small intestine/large intestine was

3.59. The morphometric data provided in this work for the different organs studied were not reported in the literature consulted and cannot be comparative discussed with other works. As for rumen, at first sight this organ has a smooth internal surface or with small roughnesses in the dorsal sac. With the scanning electron microscope, the presence of ruminal papillae of variable development between the different parts was detected, as they occur in the adult animal, predominantly in the atrium of the rumen. The reticulum has a conformation similar to that of the adult, with papillae at the bottom of the cells, on the walls and free edge of the reticular ridges. For the first time, the area of the omasal laminae was analyzed, and photographs of the stomach were provided with scanning electron microscopies which are unique. The data and photographs of our work is an initial contribution of starting point in studies of the development of these organs in the postnatal stage or before the consumption of different diets.

## **5. INTRODUCCIÓN**

### **5.1 Generalidades de los rumiantes**

Los rumiantes, así como los camélidos combinan la fermentación simple del estómago con mecanismos particulares de clasificación de partículas, asegurando la regurgitación de las partículas de gran tamaño que se vuelven a masticar (rumiar) resultando en una reducción eficiente de su tamaño (Fritz y col., 2009; Clauss y Hummel, 2017).

El estómago del rumiante consta de 4 compartimentos, de los cuales los 3 primeros rumen, retículo y omaso son cámaras fermentativas y por último el abomaso que representa el estómago glandular equivalente al estómago simple de otras especies de mamíferos (Hofmann y Schnorr, 1982).

El rumen y el retículo forman una unidad netamente con función fermentativa generada por microorganismos. Los productos de la fermentación son absorbidos por la pared ruminal, que posee papilas que aumentan su superficie de absorción y son utilizados por el huésped. Ambos poseen la consistencia propia de la digesta (Clauss y Hummel, 2017).

El omaso tiene una estructura interna formada por “hojas” de diferentes tamaños, que aumentan la superficie de absorción, además posee una estructura más sólida al tacto, ya que en este órgano se absorbe agua (Hofmann y Schnorr, 1982).

Finalmente se encuentra el abomaso en donde aumentan las secreciones y ocurre la digestión ácida y enzimática (Clauss y Hummel, 2017)

### **5.2 Aspectos productivos del rumiante**

La nutrición de los terneros jóvenes es de vital importancia para la salud de las terneras y la rentabilidad de las explotaciones lecheras. Muchos productores destetan los terneros a una edad temprana para reducir los costos asociados con alimentación líquida. Una transición gradual, desde la alimentación líquida a la sólida permite a los terneros consumir y digerir suficiente alimento sólido para soportar el crecimiento durante y después del destete; esta transición coincide con varios cambios morfológicos y ajustes fisiológicos en el animal (Baldwin y col., 2004).

El sistema de alimentación de las terneras lecheras está cambiando drásticamente, pasando a ser la muy alta ingesta de lácteos en los primeros meses de vida un

objetivo buscado (efectos a largo plazo en producción de leche). Esto es muy diferente al sistema hasta ahora predominante, que era el utilizar la mínima cantidad de lácteos por un tema de costos. El rol principal del alimento sólido ya no sería el de suministrar energía y proteína al ternero, aspecto cubierto por el alto consumo de lácteos, pero sí podría tener otros roles en el desarrollo del animal. Los sistemas modernos de alimentación de terneras tienden a optimizar el crecimiento en las primeras etapas de la vida, en el entendido de que esto mejorará la performance de estos animales cuando sean vacas adultas (Repetto y col., 2016).

### **5.3 Desarrollo del tubo digestivo**

El sistema digestivo del ternero comienza su desarrollo desde la etapa embrionaria (Huber, 1969).

Las glándulas salivales cumplen un rol fundamental en la producción de saliva que posee en su composición sustancias buffer necesarios para neutralizar los ácidos formados por la fermentación del rumen y para lograr el equilibrio ácido-base del contenido ruminal. Al masticar el alimento la saliva interviene produciendo el bolo alimenticio colaborando como lubricante a su vez al tragar (Singh, 2017)

Los estudios han generado evidencia de que los rumiantes que pastan tienen un aparato de masticación más pronunciado, en términos de áreas de inserción muscular y protuberancias, que los animales ramoneadores como la jirafa y el alce (Clauss y col., 2008). Hay una correlación positiva significativa entre la masa corporal y la masa de los músculos maseteros, y también una importante asociación con el porcentaje de hierba en la dieta natural (McGrosky y col., 2019).

A partir de la sexta semana de desarrollo embrionario se promueve la diferenciación del epitelio gástrico y es posible distinguir los primordios de las regiones adultas del estómago, en torno al día 64, los sacos ventral y dorsal del rumen asumen su posición caudal final y su tamaño aumenta considerablemente (Warner, 1958).

En las primeras semanas de vida comienza la transición desde un metabolismo típico de animales con estómago simple a la de rumiante con cuatro compartimentos especializados rumen, retículo, omaso, abomaso, que van desarrollándose desde el nacimiento hasta aproximadamente el cuarto mes de vida. Cambiando las proporciones, así como su metabolismo y fisiología. El retículo- rumen se sabe es

comparativamente más pequeño (30% de la capacidad gástrica) que el abomaso hasta el primer mes de vida, luego va creciendo y junto con él, las papilas. Por el contrario, el abomaso que parecería ser el de mayor tamaño al nacimiento, (Jones y Heinrich, 2006) 60% de su capacidad gástrica, 8% en la vaca adulta), a las 16 semanas de edad llega a ser el más pequeño (Castro, 2002). En cuanto al omaso representa el 10% del recién nacido y no varía tanto la relación en comparación con el resto de los estómagos, siendo del 12% en el animal adulto. En cuanto al retículo-rumen constituyen un 30% al nacimiento, y a partir de las cuatro semanas de vida ya comprenden el 58% de la capacidad del estómago. En la siguiente figura se puede observar cómo se van desarrollando los diferentes compartimientos en donde el retículo rumen aumenta su volumen mientras el abomaso disminuye su capacidad porcentual a medida que transcurre el tiempo.



Figura 1. Desarrollo de los compartimientos gástricos del bovino, del nacimiento a la madurez. Adaptada de: Jones y Heinrich, 2006.

Entre los desafíos fisiológicos más importantes de los terneros está el desarrollo del rumen, órgano que experimenta un gran desarrollo físico y metabólico (Warner y col., 1956; Flat y col., 1959; Sander y col., 1959; Smith, 1961; Gilliland y col., 1962; Hamada y col., 1976; Tamate y col., 1962; Ørskov y col., 1970). Se sabe que cantidades crecientes de concentrado en la dieta no resultan en cambios en la musculatura del rumen, pero sí en aumento de la densidad y altura de las papilas (Flat y col., 1959; Rickard y Ternouth, 1965; Stobo y col., 1966). El uso excesivo de concentrados puede causar una acumulación rápida de los productos finales de la fermentación con una disminución del pH (Beharka y col., 1996), una disminución en la motilidad del rumen (Nocek, 1997; Owens y col., 1993), crecimiento excesivo y queratinización de las papilas ruminales (Nocek y Kesler, 1980), y, en consecuencia,

una disminución en la absorción de AGV (Hinders y Owen, 1965). Por lo tanto, se ha planteado la hipótesis de que agregar fibra a una dieta concentrada reduciría los problemas ruminales (Cozzi y col., 2002; Suarez y col., 2006, 2007).

La mucosa interna del rumen está formada por papilas con el fin de aumentar la superficie de absorción. La digestión por parte de los microorganismos del rumen llevan tiempo por esto mismo es el volumen que este presenta, para retener la tasa de pasaje del alimento. Por otra parte los pilares del rumen juegan un rol fundamental en la mezcla del contenido (Demment, 1982).

El contenido llega al retículo por mecanismos de separación que se basan en tamaño, densidad, peso. Así es que las partículas aún sin digerir, son enviadas nuevamente al rumen; no así las de menor tamaño, mejor digeridas y de mayor densidad pasan al omaso. (Lechner-Doll y col., 1991).

El retículo está situado por debajo del cardias, la saliva va por este pasaje del esófago al reticulorumen lo cual proporciona humedad, favoreciendo a la mezcla de las partículas. Se sabe que el retículo contiene mayor humedad en comparación al rumen (Clauss y col 2009a, 2009b).

El omaso tiene una estructura interna que difiere en tamaño, llamadas hojas, que le otorga capacidad absorbitiva por tanto es el encargado de reabsorber el fluido proveniente de las partículas provenientes del retículo (Hofmann y schnorr, 1982).

#### **5.4 Estudios anatómicos previos**

Estudios anatómicos detallados de los órganos digestivos que se han realizado en rumiantes salvajes aún no se han realizado en rumiantes domésticos, y mucho menos en los primeros meses de vida (Hofmann, 1973; Langer, 1988).

Cabe destacar que en estudios anatómicos realizados en terneros neonatos (Barone, 2010) se obtuvieron datos generales de los órganos digestivos que pueden tomarse como referencia, a continuación, se detallan los de mayor importancia. Los proventrículos del neonato presentan netamente todos los elementos que se encontrarán en el adulto pero poco desarrollados. El rumen tiene unos 15 cm de largo, 10 de alto y 6 a 7 de ancho siendo su capacidad del orden de 0,7 l. El saco

ventral es mucho más pequeño que el dorsal y apenas sobrepasa el hipocondrio izquierdo en la región del flanco. Los surcos están bien marcados al igual que los pilares y las subdivisiones del interior, mientras que el aparato papilar se encuentra muy poco desarrollado. Las papilas no llegan a 1 mm de altura y son todas filiformes. El retículo, las crestas y las celdillas están bien diferenciados así como el surco reticular que tiene casi 6 cm de largo. En cuanto al omaso, es particularmente pequeño, su diámetro no excede de los 5 cm, todas sus láminas están presentes, las primarias miden 4 cm de alto y las cuaternarias 0,5 cm. El abomaso tiene una capacidad de 2 l y su longitud alcanza los 25 cm, los pliegues mucosos tienen unos 2 cm de altura.

En qué etapa del desarrollo postnatal el retículo adquiere su desarrollo y funcionalidad adulta y si es influenciado o no por la dieta es un tema que tampoco se ha explorado. También se ha sugerido que las papilas unguiculiformes, de desarrollo variable entre las diferentes especies de rumiantes actúan como un filtro o barrera para el pasaje de grandes partículas al omaso (Teixeira y col., 2009), y no se conoce cómo es su desarrollo al momento del nacimiento. Tampoco se conocen en los terneros pre rumiantes, estudios relativos al surco reticular.

El omaso considerado desde antaño como un órgano de absorción de agua, actualmente se considera un órgano de absorción de ácidos grasos volátiles (AGV), minerales, electrolitos, y de fluido en general (von Engelhardt y Hauffe, 1975; Holtenius y Björnhag, 1989). El parámetro morfológico más importante es el área disponible para absorción, la cual depende del tamaño y número de las láminas omasales (Clauss y col., 2006). Este órgano presenta un desarrollo laminar y en la distribución de las papilas omasales que varía mucho según los diferentes tipos alimentarios (Clauss y col., 2006).

Tampoco es claro el rol del intestino grueso y su relación a la fisiología del rumen, en lo que respecta al aporte final de nutrientes al animal. Van Soest (1994) dijo que, si bien el intestino grueso es relativamente simple, parece que es más importante de lo que se piensa habitualmente. La porción final del sistema digestivo de los rumiantes, está mejor adaptada a la función fermentativa en los ramoneadores que en los pastoreadores. En los rumiantes domésticos, el volumen de los contenidos del intestino grueso, que varía con la ingesta, puede ser equivalente a 20% del volumen

de los contenidos en el rumen, lo que implica una capacidad considerable para la fermentación, lo que puede implicar tanto como el 27% de la celulosa y el 40% de la hemicelulosa digerida diariamente (Hoover, 1978). Qué aporta al ternero prerrumiante es otro tema totalmente desconocido.

### **5.5 Caracterización del problema**

Sin entrar a detallar sobre otros órganos, es claro que ninguna investigación ha evaluado en forma global todas las partes del aparato digestivo en terneros recién nacidos, como las glándulas salivales, el rumen, el retículo, surco reticular, el omaso, el desarrollo papilar del rumen, retículo y omaso, los orificios internos y el intestino entre otros órganos tan importantes. Ningún libro de Anatomía consultado aporta datos de las variables a analizar y mucho menos relacionado al peso corporal del animal.

Las variables a analizar permitirán conocer el estado inicial del aparato digestivo para comparar con el desarrollo posterior en el destete o posterior al mismo, con la utilización de diferentes dietas.

## **6. OBJETIVOS:**

### **Objetivo General:**

Describir cuantitativamente la anatomía de los órganos del aparato digestivo de terneros Holando neonatales.

### **Objetivos Particulares:**

1. Describir y cuantificar el peso y dimensiones de las glándulas salivales, músculos maseteros, esófago, rumen, retículo, omaso, abomaso, intestino delgado, intestino grueso.
2. Realizar microscopía electrónica de barrido del rumen, retículo, surco reticular, papilas unguiculiformes y omaso.

## **7. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Animales a utilizar**

Para este ensayo se utilizaron 2 terneros machos, con 2 días de vida, de la raza Holando. Para propósitos comparativos se agregaron dos figuras correspondientes a animales adultos (Figs. 12, 15). Los animales fueron eutanasiados en faena predial en el tambo "El Cerro" ubicado en Ecilda Paullier, departamento de San José. Para la eutanasia se utilizó tiopental sódico intravenoso 10 mg/kg y arma blanca. El número de protocolo CHEA es 857.

### **Métodos de estudio**

El método de estudio de los animales es la disección simple y el uso de microscopio electrónico de barrido. Las medidas anatómicas se tomaron siguiendo los procedimientos estándar para los rumiantes (Hofmann y col., 1995; Pérez y col., 2015; Sauer y col., 2016). Para evitar sesgo en las mediciones, las mismas fueron realizadas por el mismo investigador.

### **Cabeza**

Se removió la cabeza con la glándula parótida intacta, luego se retiró la oreja, la piel y fascia superficial para exponer la glándula parótida y el músculo masetero. Posteriormente se retiraron las glándulas mandibulares.

### **Glándulas salivales**

Se extrajeron y limpiaron de todo tejido circundante las glándulas mandibulares y parótidas y luego se pesaron como indica la siguiente tabla.

### **Músculo masetero**

Se removió el músculo masetero de cada una de sus inserciones y peso.

### **Esófago**

Se midió la longitud del esófago desde su origen hasta su terminación en el cardias.

## **Rumen**

Se liberó el rumen de todo el peritoneo y se procedió a pesarlo lleno y vacío, aparte de tomar diferentes medidas externas e internas en dicho órgano.

## **Retículo**

Se pesó el retículo lleno y vacío. Se tomaron las medidas establecidas. Se tomaron muestras de crestas reticulares, y se realizó microscopia electrónica de barrido

## **Omaso**

Se realizaron las mediciones externas y se calculó la superficie omasal, para lo cual se aisló y clasificó cada una de las láminas, se procedió al escaneo de las mismas para calcular el área utilizando el software Fiji. Se contaron y tomaron muestras para realizar microscopía electrónica de barrido de papilas unguiculiformes.

## **Abomaso**

Se pesó el abomaso lleno y vacío. Se tomaron las mediciones indicadas en la tabla más adelante. Se realizó un corte transversal del torus pilórico y se midió en la porción de mayor altura.

## **Intestino delgado**

Se midieron y pesaron las distintas secciones.

## **Intestino grueso**

Se midieron y pesaron las distintas secciones.

## **Microscopia electrónica de barrido**

Los animales fueron disecados y posteriormente se les quitó el estómago. A continuación, se tomaron diferentes muestras de rumen, saco dorsal, ventral y atrio, retículo, surco reticular, papilas unguiculiformes y omaso en tampón de fosfato refrigerado de 0,1 M (pH-7,4), fijado en 2,5% de glutaraldehído durante 6 h y lavado de nuevo dos veces en tampón de fosfato de 0,1 M (pH-7,4).

La fijación secundaria se llevó a cabo en 1% de tetróxido de osmio durante 1 h y especímenes deshidratados por acetona. Luego fueron llevados a su puntocrítico de secado y recubierto con paladio de oro.

Los especímenes fueron observados y fotografiados bajo un microscopio electrónico de barrido (Jeol JSM-5900LV, Jeol Ltd., Tokio, Japón).

Los tejidos extraídos fueron examinados bajo un estereomicroscopio (Nikon SMZ800, Tokio, Japón) para determinar sus características anatómicas generales antes de examinar con microscopía electrónica de barrido.

### **Análisis morfométricos**

Se realizó el porcentaje de peso corporal que representan los músculos maseteros y cada una de las glándulas salivales. Se calculó la relación intestino delgado vs intestino grueso y el peso intestino delgado / peso retículo rumen.

Los términos se utilizaron de acuerdo con la Nomina Anatomica Veterinaria (2017). Los datos se presentaron como media  $\pm$  desvío estándar.

## 8. RESULTADOS

Los terneros utilizados en el ensayo pesaron  $39 \pm 4,24$  kg, teniendo una longitud desde la cabeza a la raíz de la cola de  $87,75 \pm 0,35$  cm.

### **Glándulas salivales, músculos maseteros y esófago.**

En la siguiente tabla se pueden apreciar los datos obtenidos para las diferentes glándulas y los músculos maseteros.

Tabla1. Peso de glándulas y músculo masetero.

	Media
Peso parótida izquierda (g)	$16,15 \pm 0,97$
Peso parótida derecha (g)	$12,86 \pm 5,23$
Peso mandibular izquierda (g)	$33,93 \pm 10,43$
Peso mandibular derecha (g)	$35,36 \pm 15,73$
Peso músculo masetero izquierdo (g)	$31,81 \pm 2,18$
Peso músculo masetero derecho (g)	$29,72 \pm 4,08$

Las glándulas parótidas representaban el 0,08% del peso del animal, mientras las glándulas mandibulares correspondían al 0,04% y los músculos maseteros al 0,09%.

El esófago tenía una longitud de  $48,25 \pm 3,18$  cm.

En cuanto al estómago (Fig. 2) su peso lleno fue de  $1015 \pm 7,07$  g. El mismo estaba formado por rumen, retículo, omaso y abomaso, siendo el último el predominante.

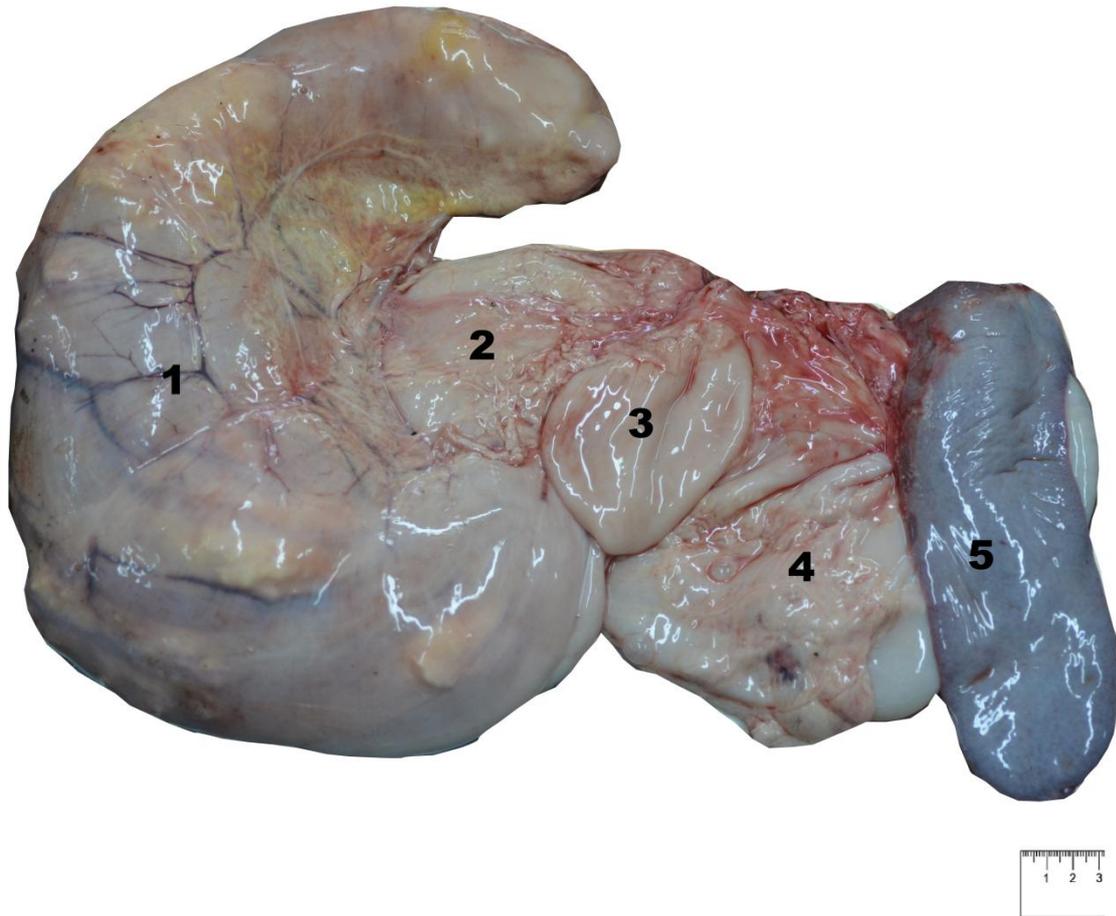


Figura 2. Vista del estómago aislado de un ternero neonato. 1: Abomaso, 2: Omaso, 3: Retículo, 4: Rumen, 5: Bazo.

La altura del rumen fue de  $13,60 \pm 1,98$  cm, en cuanto al saco dorsal se midió el largo desde el cardias al saco ciego caudodorsal siendo de  $13,80 \pm 1,13$  cm, el saco ventral desde el receso al saco ciego caudoventral midió  $13,15 \pm 1,20$  cm. La distancia del cardias al saco ciego caudoventral fue de  $15,50 \pm 0,71$  cm.

El ostium intraruminal tenía una longitud de  $4,50 \pm 0,71$  cm y un ancho de  $3,75 \pm 0,35$  cm, en cambio el ostium ruminoreticular fue de menor tamaño  $4,20 \pm 0,42$  cm de altura y  $2,30 \pm 1,13$  cm de ancho.

El espesor del pilar craneal fue de  $0,10 \pm 0$  cm, mientras que el espesor del pilar caudal fue de  $0,85 \pm 0,49$  cm (Figs. 3, 4).

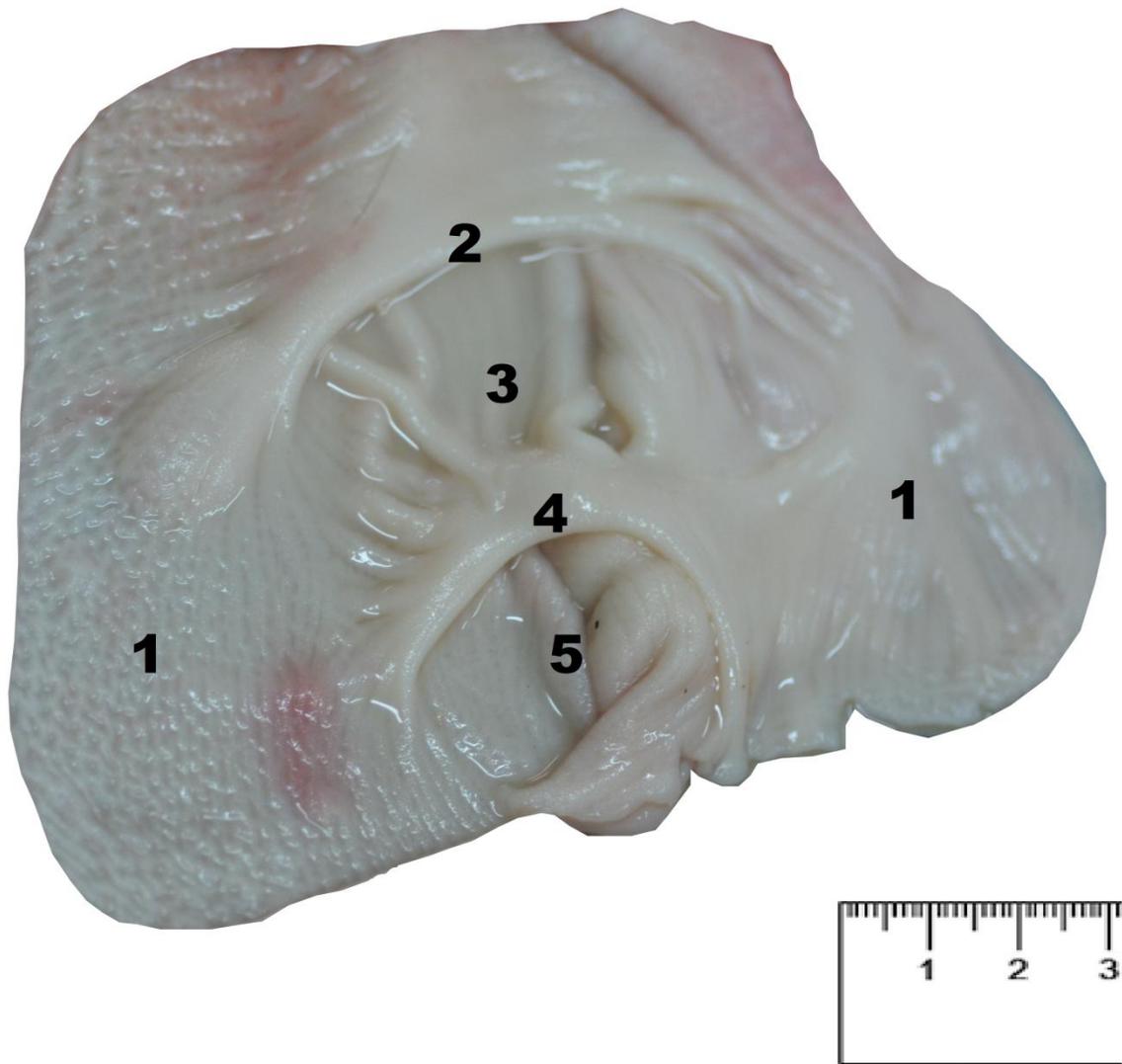


Figura 3. Vista del rumen del ternero neonato. 1: Saco dorsal del rumen, 2: Pilar craneal, 3: Saco ciego caudoventral, 4: Pilar caudal, 5: Saco ciego caudodorsal.

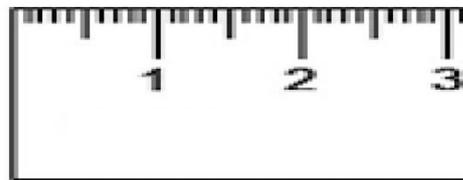


Figura 4. Vista macroscópica del pilar caudal.

Las papilas del saco dorsal del rumen median  $332,2 \pm 34,31 \mu\text{m}$  de longitud (Figs. 5, 6)

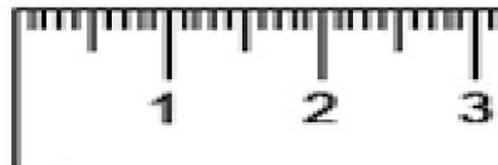
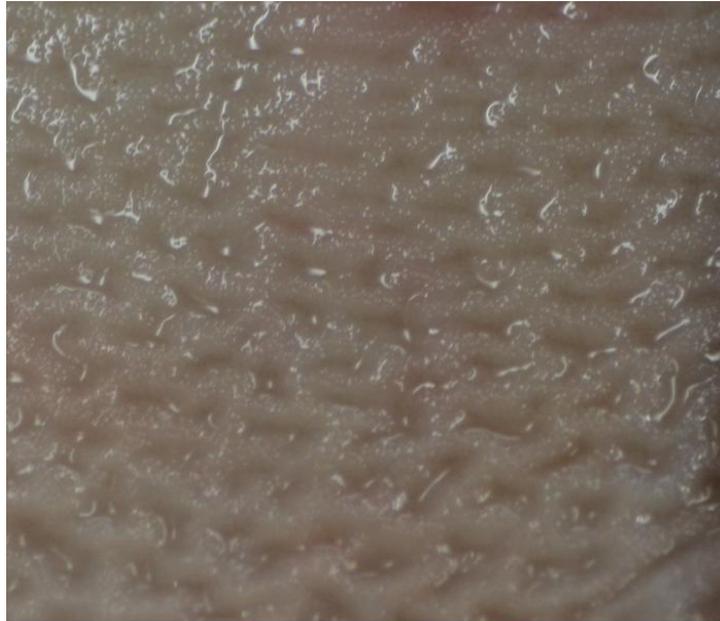


Figura 5. Mucosa del saco dorsal del rumen.

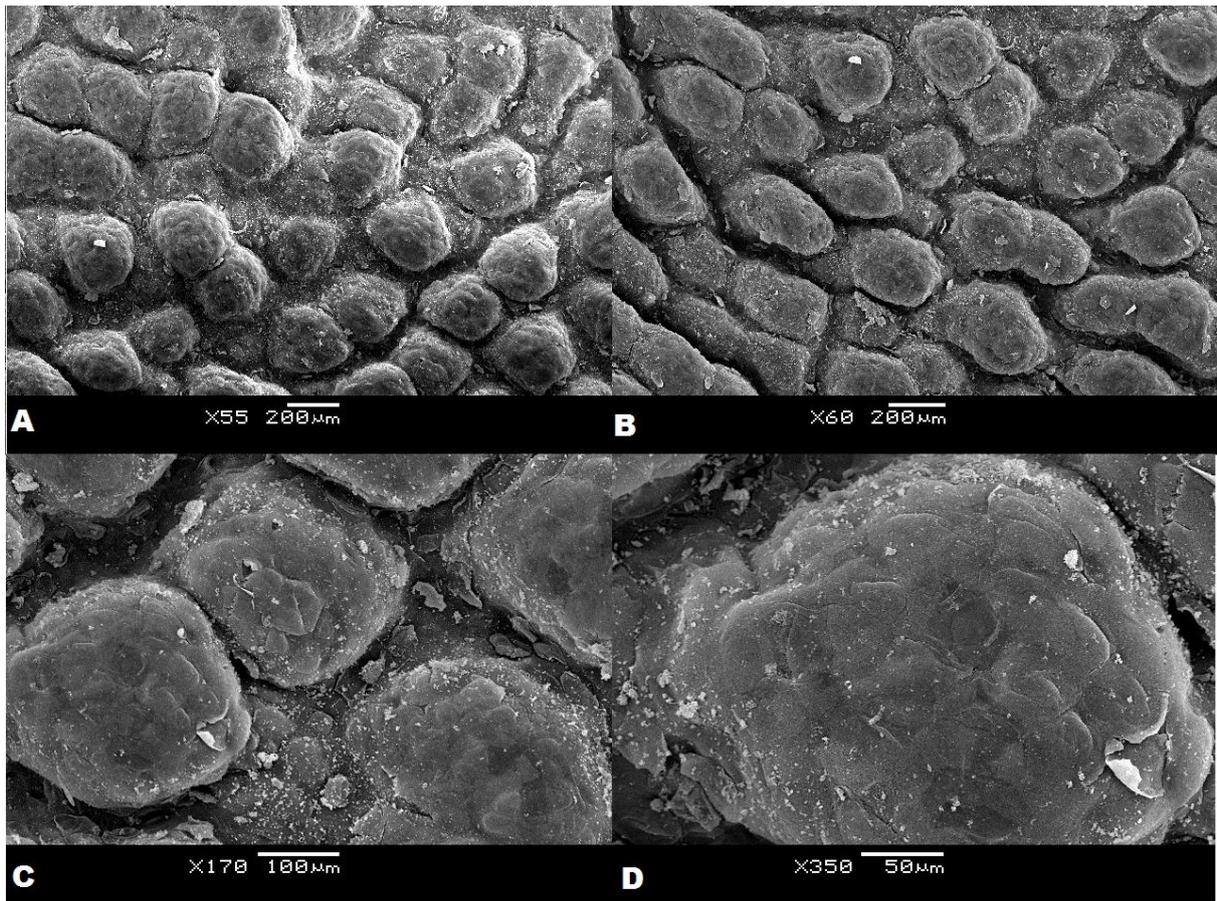


Figura 6. Microscopía electrónica del saco dorsal del rumen de un ternero neonato, se observan las papilas de menor a mayor aumento, a 55, 60, 170 y 350 aumentos respectivamente.

Las papilas del saco ventral del rumen median  $328,2 \pm 33,47 \mu\text{m}$  de longitud. Se las puede observar en la siguiente figura 7.

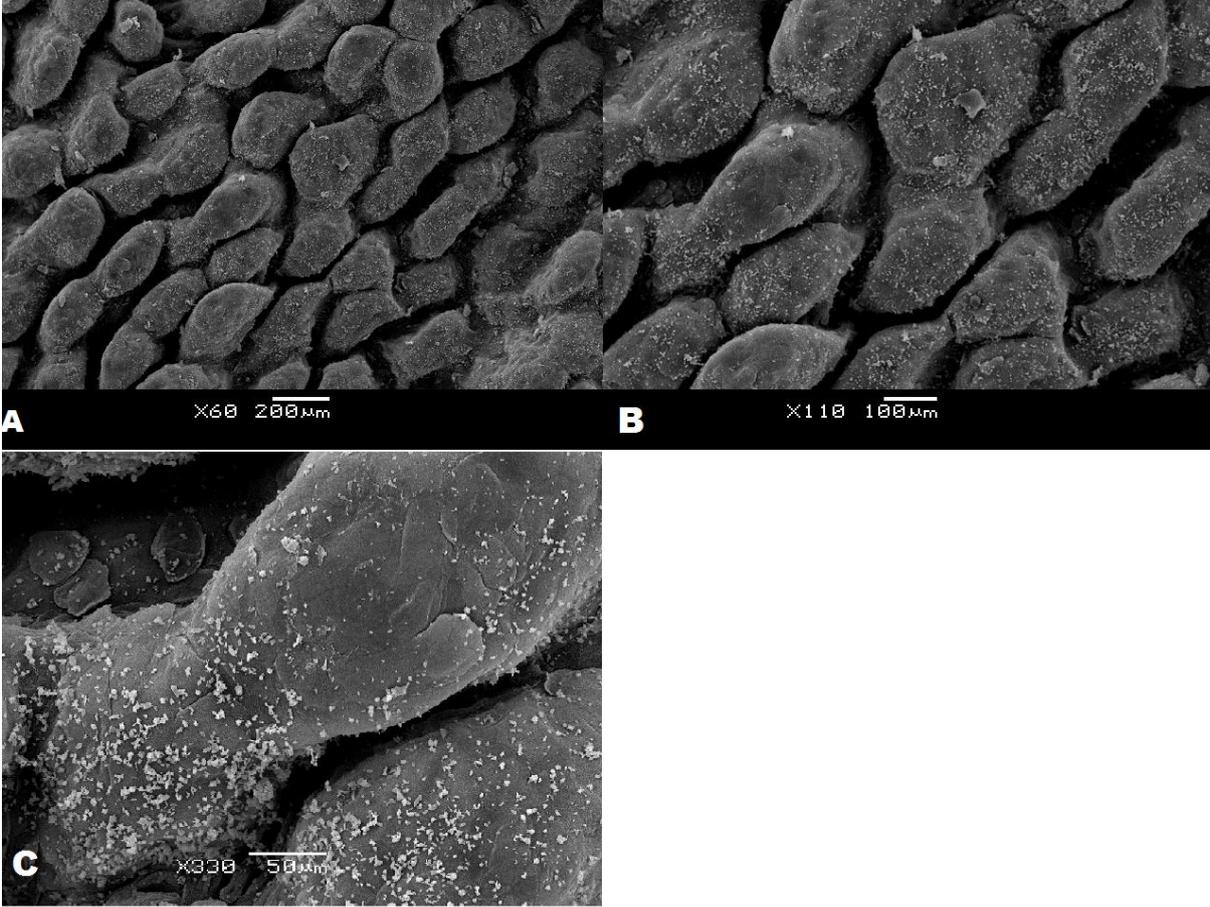


Figura 7. Microscopía electrónica del saco ventral del rumen. Se observan las papilas de menor a mayor aumento, a 60, 110 y 330 aumentos.

Las papilas del atrio del rumen fueron las de mayor tamaño, medían  $788,33 \pm 73,77 \mu\text{m}$ . Se pueden observar en la figura 8.

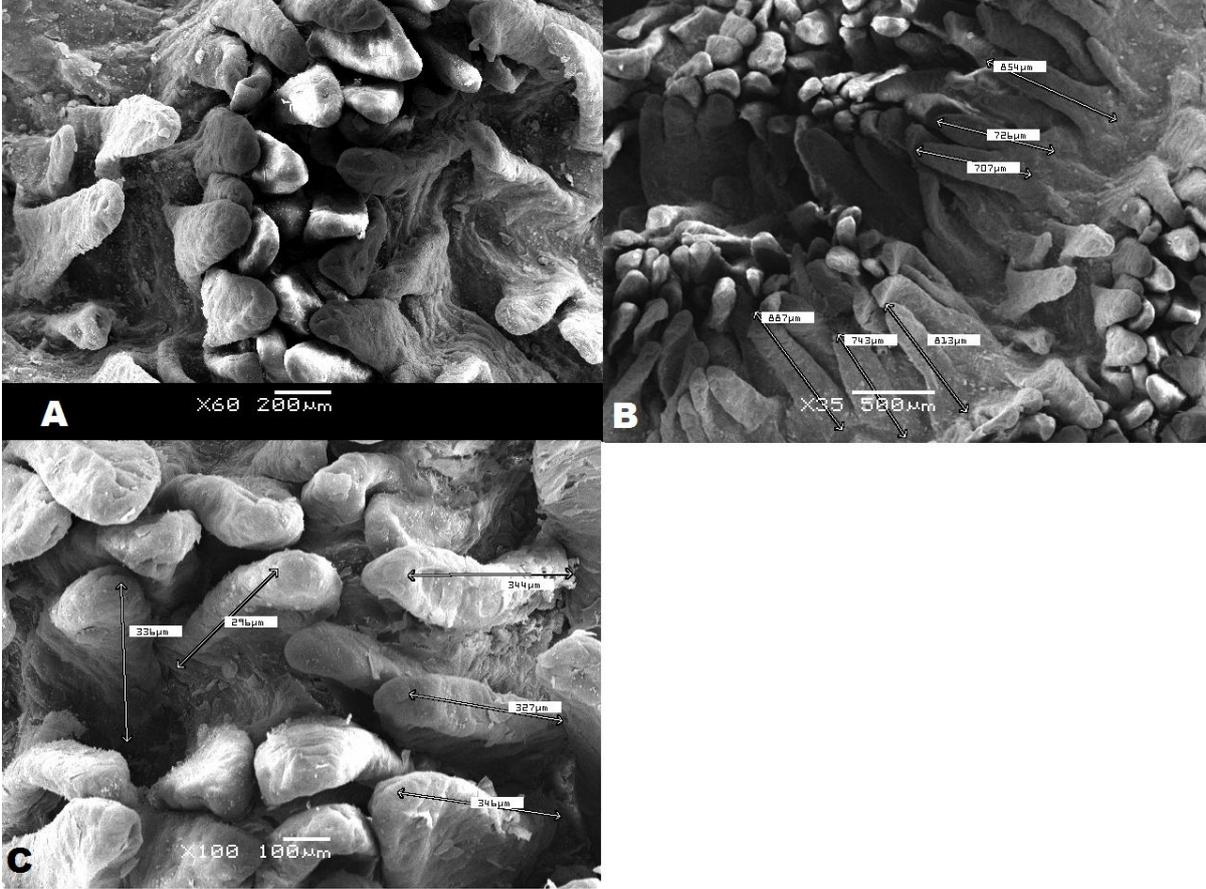


Figura 8. Microscopía electrónica del atrio del rumen. Se observan las papilas de menor a mayor aumento, a 35, 60, y 100 aumentos.

## Retículo

La altura del retículo fue de  $6,80 \pm 2,55$  cm, mientras el largo fue de  $5,00 \text{ cm} \pm 1,83$  cm.

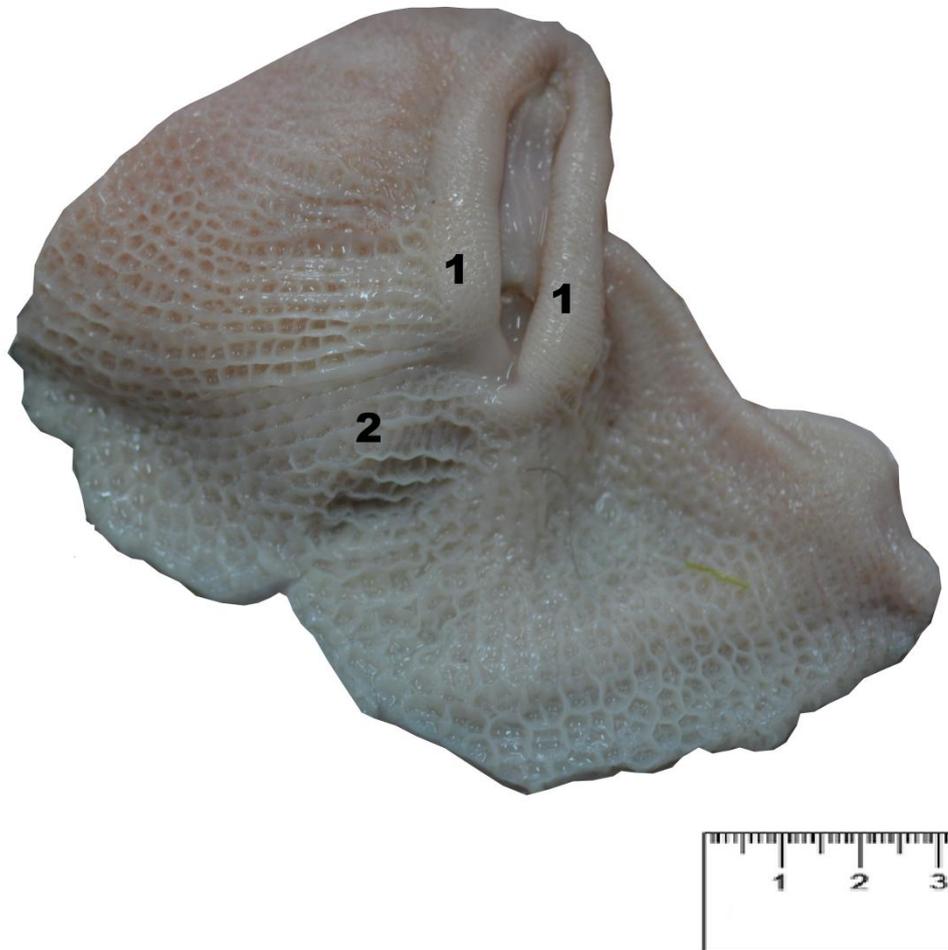


Figura 9. Retículo. 1: Labios surco reticular, 2: Mucosa del retículo.

Las papilas de las celdillas reticulares midieron  $283,3 \pm 107,2 \mu\text{m}$  (Fig. 10).

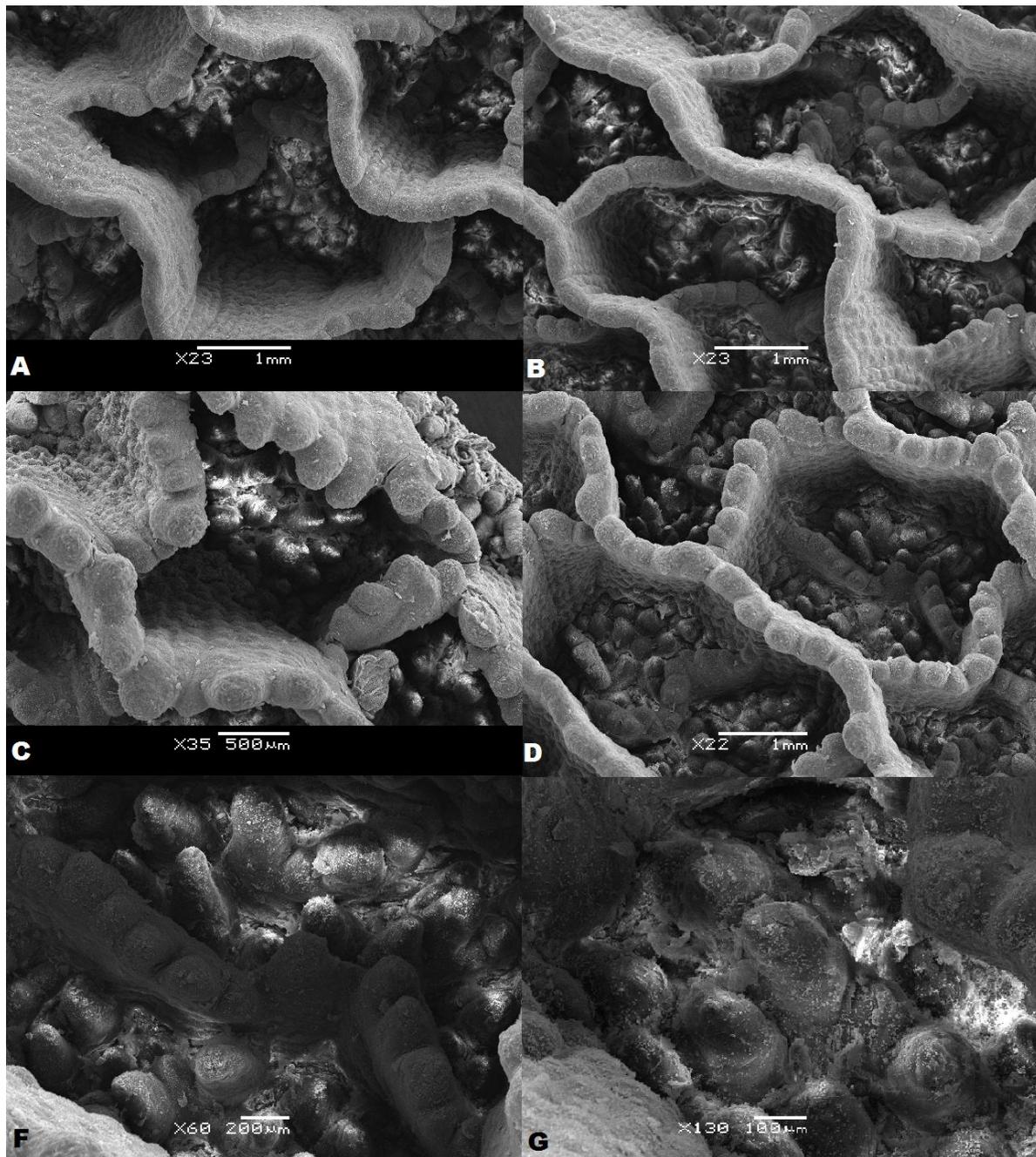


Figura 10. Microscopía electrónica de barrido de las celdillas y crestas reticulares así como sus papilas (A, B, C y D). En las dos figuras inferiores (F y G) se observan las papilas del fondo de las celdillas a 60 y 130 aumentos.

## Surco reticular y papilas unguiculiformes

El espesor de los labios del surco reticular fue de  $0,65 \pm 0,07$  cm para el derecho y  $0,60 \pm 0,14$  cm para el izquierdo (Figs. 9, 11). Igual que en el adulto hay una transición gradual de celdillas reticulares a la mucosa del surco reticular (Figs. 11, 12). Al microscopio electrónico de barrido los labios del surco reticular se observaban con elevaciones sinuosas que recordaban la disposición del adulto, similar a celdillas reticulares sinuosas y poco elevadas (Fig. 13).

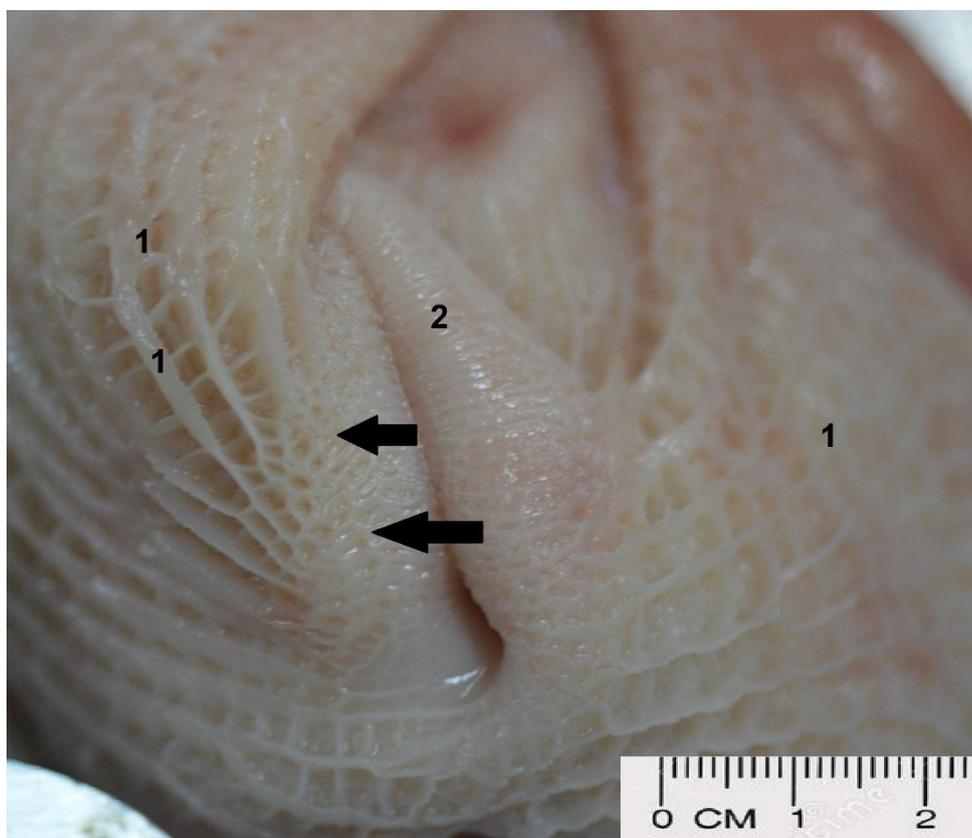


Figura 11. Retículo de neonato. 1: Celdillas del retículo; 2: Surco reticular con rugosidades similares a las crestas reticulares: Flechas: Transición gradual de celdillas reticulares a la mucosa del surco reticular. Ver la siguiente figura para comparar con la disposición en el adulto.

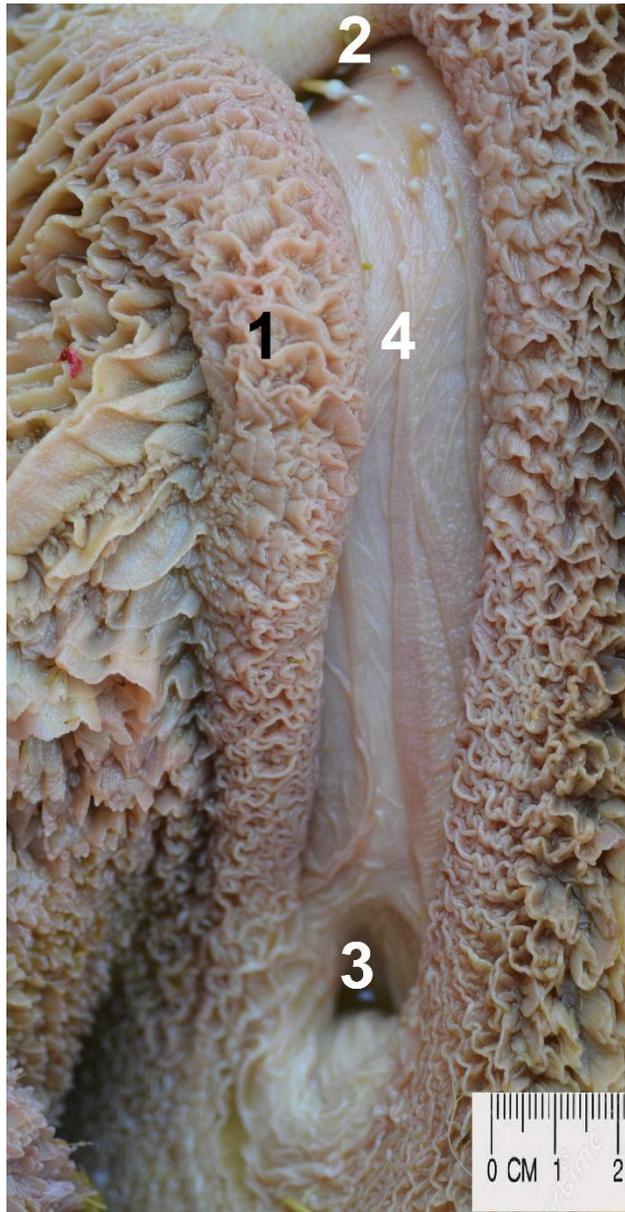


Figura 12. Retículo de animal adulto. 1: Labio del surco reticular con estructuras similares a crestas reticulares; 2: Orificio retículoomasal; 3: Cardias; 4: Fondo del surco reticular.



Figura 13: Labio del surco reticular a 30 aumentos con elevaciones sinuosas de la mucosa.

Las papilas unguiculiformes del neonato median  $1529,8 \pm 488,66 \mu\text{m}$  (Fig. 14).

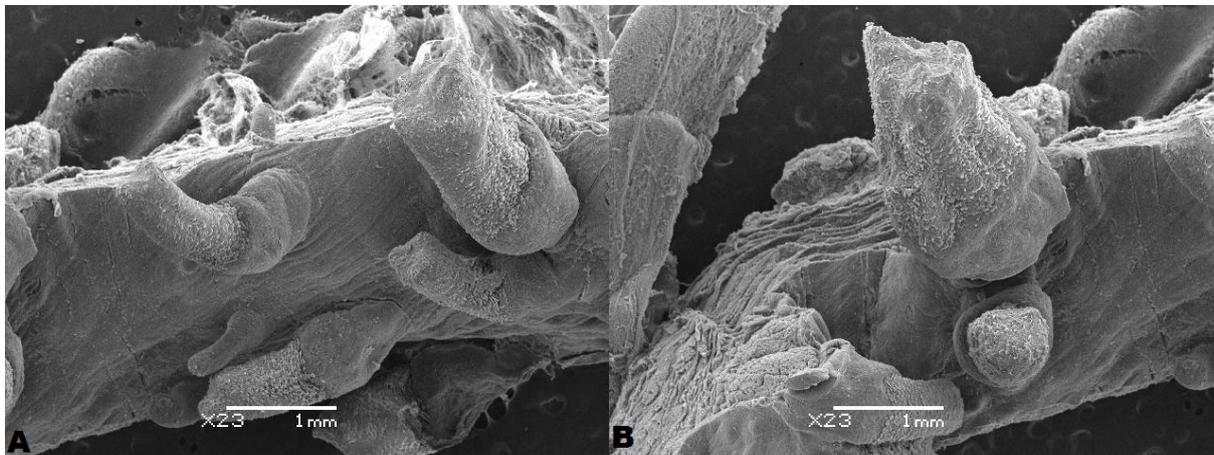


Figura 14. Papilas unguiculiformes del ternero neonato.

Las papilas del adulto medían 7,06 mm. (Fig. 15).

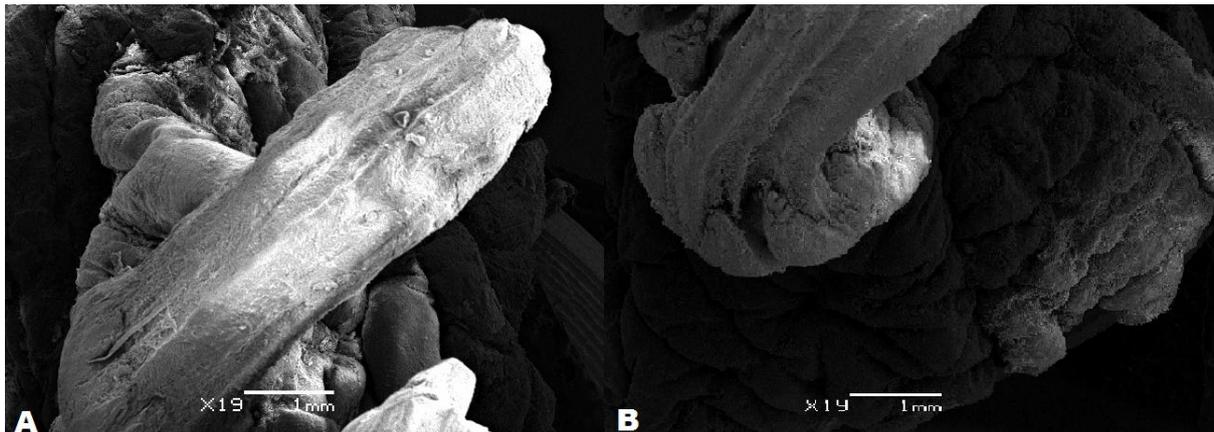


Figura 15. Papilas unguiculiformes de un adulto, de similar conformación, pero unas 10 veces más largas.

### Omaso

El omaso (Fig. 1) midió  $6,50 \pm 0,71$  cm de altura por  $8,20 \pm 0,71$  cm de largo, y su curvatura fue de  $20 \text{ cm} \pm 2,83$  cm. Su peso lleno fue de  $86,16 \pm 10,10$  g y vacío de  $78,73 \pm 0,39$  g.

En cuanto al número de láminas de este órgano y su área por animal se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 2. Número y área de las láminas del omaso.

Láminas	Nº	Area (cm <sup>2</sup> )	Area total (cm <sup>2</sup> )
Primarias	$20 \pm 1,41$	$17,6 \pm 2,18$	$351,1 \pm 18,74$
Secundarias	$18,9 \pm 7,78$	$9,2 \pm 1,8$	$252,1 \pm 14,86$
Terciarias	$30,5 \pm 13,44$	$4,7 \pm 0,06$	$145,1 \pm 64,52$

Las láminas encontradas eran mayormente primarias, secundarias y terciarias (Fig. 16); el área ocupada por las mismas fue  $748,3 \pm 91,13 \text{ cm}^2$ , las láminas cuaternarias estaban reducidas a finas elevaciones que se vieron al microscopio electrónico de barrido que medían  $222,33 \pm 13,65 \mu\text{m}$  (Fig. 17).



Figura 16. Láminas del omaso. 1: Lámina primaria; 2: Lámina secundaria; 3: Láminas terciarias.

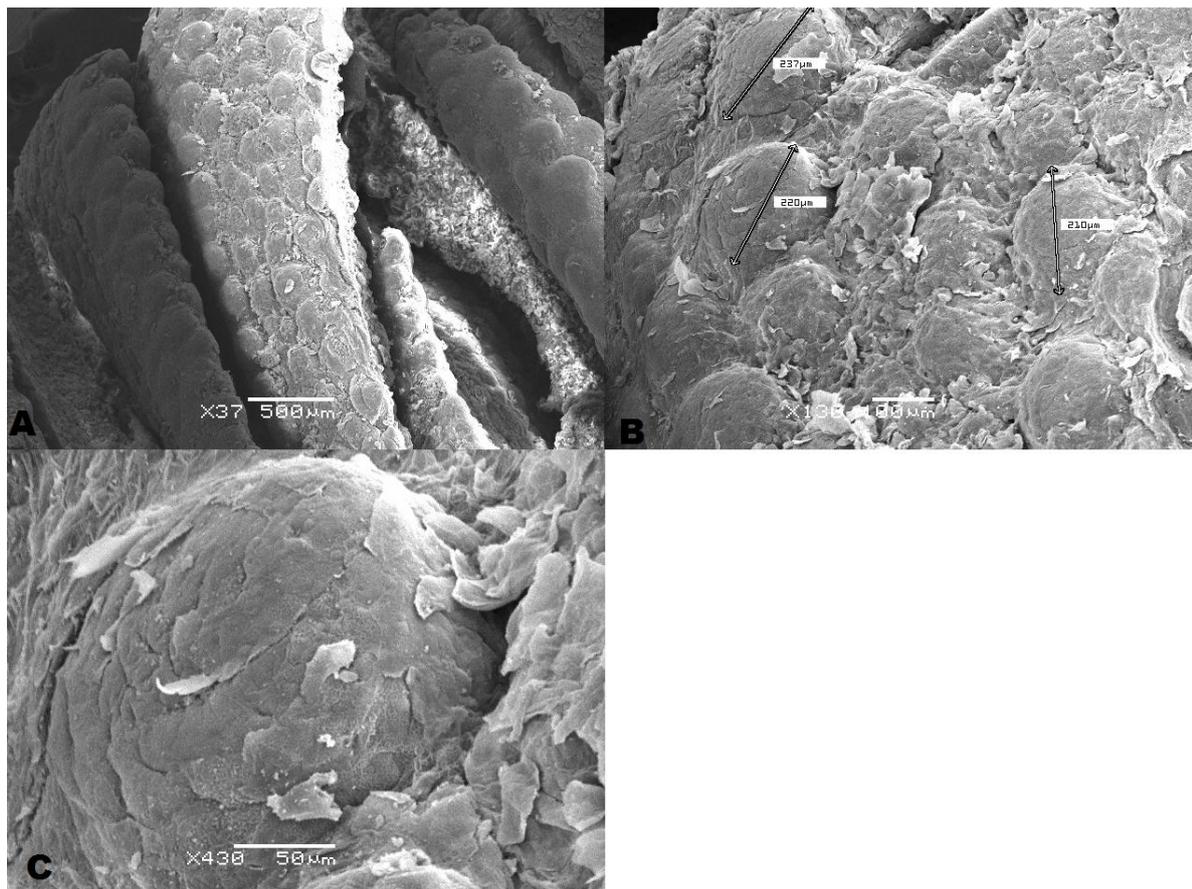


Figura 17. Láminas cuaternarias y sus papilas omasales a 37, 130 y 400 aumentos.

### **Abomaso**

El abomaso (Fig. 2) fue el compartimiento más grande del estómago, la curvatura mayor midió  $52,75 \pm 1,06$  cm y la curvatura menor  $28,75 \pm 1,06$  cm, el peso del órgano lleno fue de  $730,50 \pm 120,92$  g, y sin contenido de  $182,75 \pm 40,66$  g.

### **Intestino**

La disposición del intestino es la misma del adulto, con la disposición en tres asas y los mismos giros en el colon ascendente (Figs. 18, 19).

La longitud del intestino delgado fue de  $950 \pm 70,71$  cm, y su peso con contenido de  $715,50 \pm 95,46$  g.

En el intestino grueso el ciego tuvo una longitud de  $20,50 \pm 0,71$  cm, el asa proximal  $15,50 \pm 2,12$  cm, mientras el resto del colon y recto midió  $228,50 \pm 2,12$  cm. En su totalidad el intestino grueso con contenido pesó  $290 \pm 7,07$  g.

La relación de pesos llenos de intestino delgado / intestino grueso es de 3,59

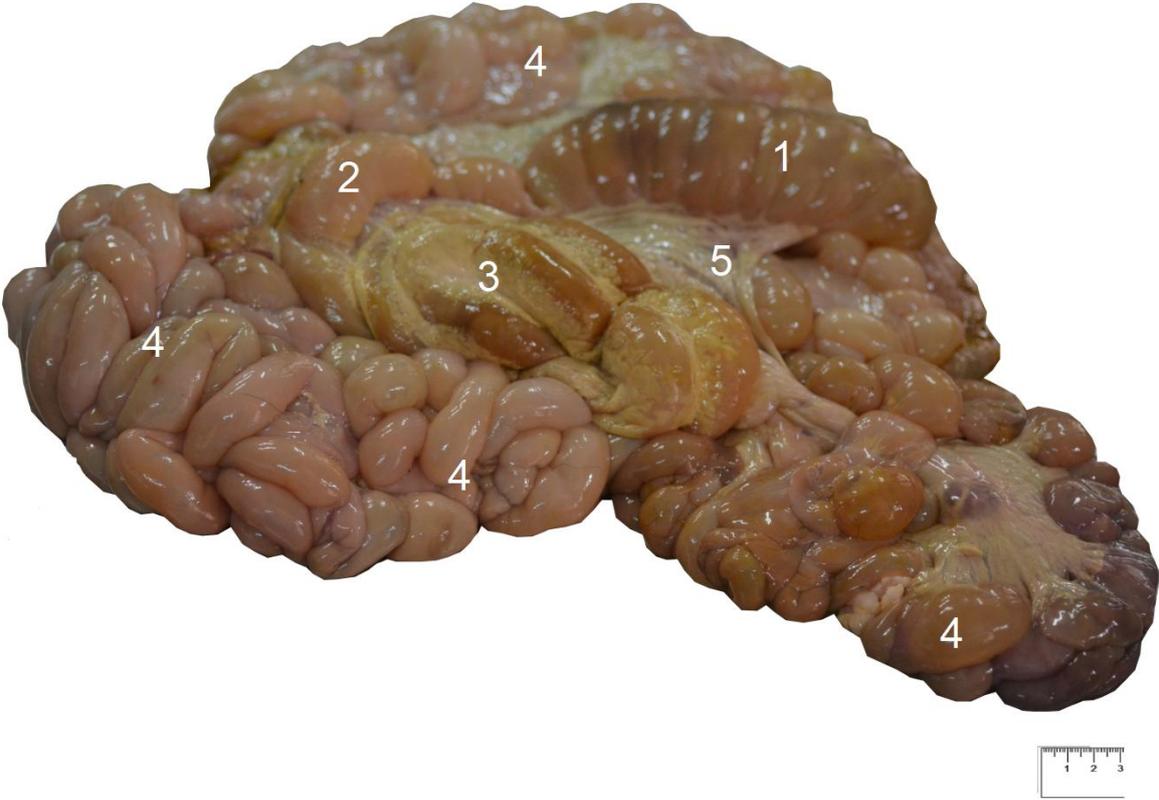


Figura 18. Intestino aislado del ternero. 1: Ciego; 2: Asa proximal del colon ascendente; 3: Asa espiral del colon ascendente; 4: Yeyuno; 5: Pliegue ileocecal.

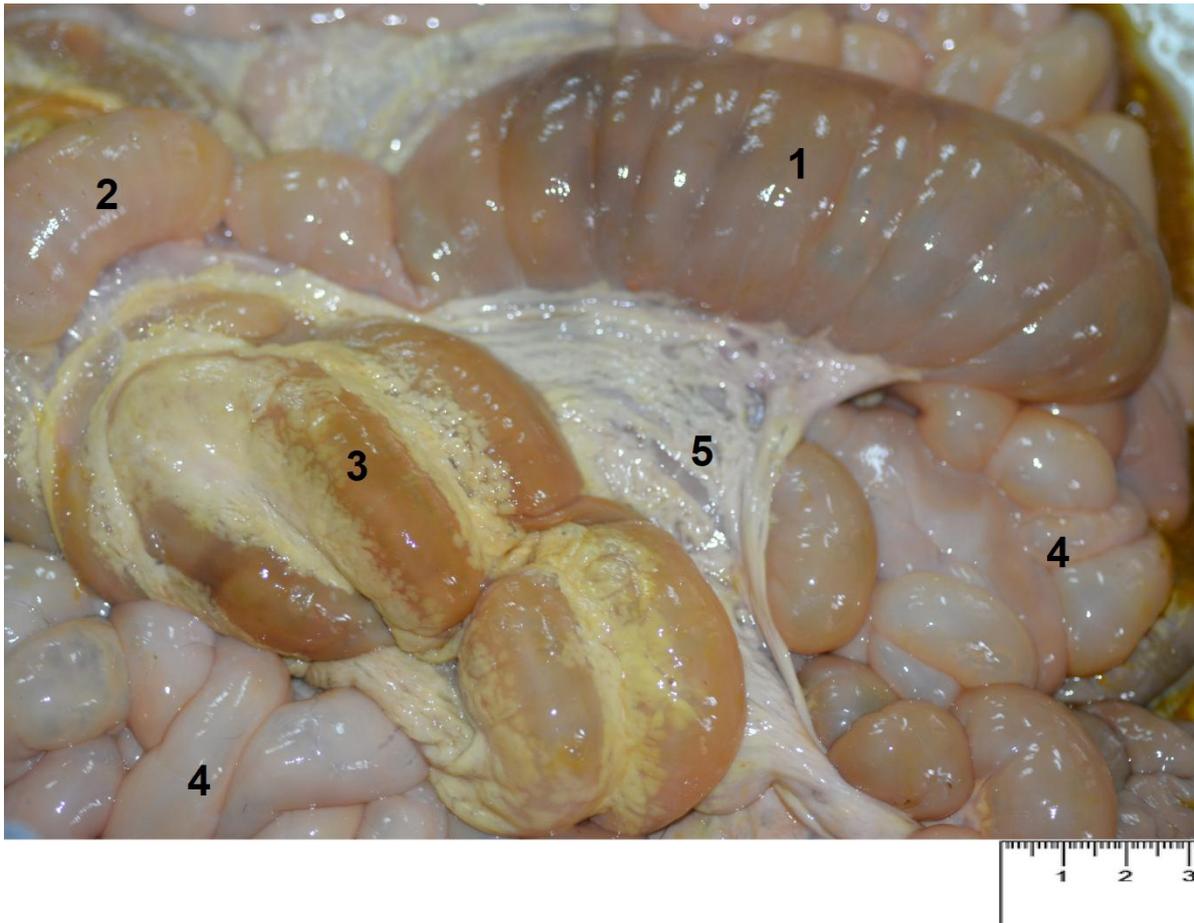


Figura 19. Intestino aislado del ternero. 1: Ciego; 2: Asa proximal del colon ascendente; 3: Asa espiral del colon ascendente; 4: Yeyuno; 5: Pliegue ileocecal.

## 9. DISCUSIÓN

Nuestro trabajo evaluó la conformación y las dimensiones ultraestructurales y morfométricas de los órganos del aparato digestivo de terneros Holando neonatos y además a algunos órganos de relevancia se les realizó microscopía electrónica de barrido.

La mayoría de las investigaciones realizadas se refieren al rumen y mayormente a su desarrollo postnatal ante diferentes dietas, pero no hay casi trabajos que describan la anatomía de los órganos digestivos en neonatos.

Los datos aportados en este trabajo para glándulas salivales, músculo masetero y esófago no fueron reportados en la literatura consultada y no se pueden discutir con otros trabajos. En este trabajo se utilizaron sólo datos de las glándulas salivales parótida y mandibular por ser las más desarrolladas y fáciles de extraer al disecar, macroscópicamente es casi imposible extraer las glándulas sublinguales y las bucales por ser muy pequeñas, de escaso desarrollo y difíciles de dilucidar de las estructuras circundantes.

En cuanto al rumen, a simple vista este órgano tiene la superficie interna lisa o con unas rugosidades pequeñas en el saco dorsal. Al microscopio electrónico de barrido se detectó la presencia de papilas ruminales de desarrollo variable entre las diferentes partes, tal como se presentan en el animal adulto, predominando en el atrio del rumen. Arias y cols. (1978) estudiaron el desarrollo papilar del rumen bovino durante el desarrollo pre y posnatal, mediante microscopía y encontraron que a los 5 a 6 meses de edad fetal había ondulaciones de la mucosa ruminal; éstas comienzan a tomar el aspecto papilar de la mucosa madura, la altura de las papilas es de  $165,2 \pm 151,3 \mu\text{m}$ . A los 7 meses de edad fetal las papilas median  $645,8 \pm 224 \mu\text{m}$ . En los fetos de 8 a 9 meses los surcos interpapilares se profundizan y las papilas ya tienen el aspecto de lengua característico. En el desarrollo prenatal la altura papilar es mayor en el atrio del rumen. En los primeros días de vida posnatal la altura papilar decrece de  $1565 \mu\text{m}$  a  $676 \mu\text{m}$ . Entre los 45 y 60 días de edad el epitelio adquiere características morfológicas típicas del adulto. Los datos de Arias y col. (1978) indican que la diferencia de la altura de las papilas en las diferentes partes del rumen, descritas para el bovino adulto, están presente en el feto. Por último, estos

autores sugieren que el desarrollo pos natal de las papilas corresponde a una actualización de la diferenciación desarrollada durante la etapa prenatal.

Vivo y col (1990) estudiaron la evolución histológica del estómago durante la vida prenatal e indican en relación al retículo que su evolución es similar a la descrita en el búfalo.

El retículo presenta una conformación similar a la del adulto, con papilas en el fondo de las celdillas, en las paredes y borde libre de las crestas reticulares.

Las papilas unguiculiformes del neonato medían  $1529,8 \pm 488,66 \mu\text{m}$  y en los adultos estudiados por Teixeira y col (2009) registraron que la porción proximal del surco reticular se caracterizó por papilas lisas pequeñas (1,5 mm), de forma cónica, la porción media exhibió papilas más grandes (4 mm) con bordes afilados cubiertos por queratina. Hacia el orificio retículoomasal, las papilas aumentaron aún más de tamaño (3–11 mm) y mostraron procesos compuestos o únicos que se asemejan a la forma de flechas, ganchos retorcidos o espinas (papilas unguiculiformes). Debido a sus características morfológicas peculiares, se sugiere que las papilas unguiculiformes funcionan como una barrera o filtro que impide el paso de partículas de alimentos de gran tamaño al omaso y evita la posterior obstrucción tanto de la RG como de la ROS. Nuestro trabajo indica que las estrictamente llamadas papilas unguiculiformes que se limitan al orificio retículoomasal son similares morfológicamente a las descritas por Teixeira y cols. (2009) aunque de longitud casi 10 veces menor.

En relación al omaso en este trabajo se detectaron 20 láminas primarias, 19 secundarias y 30 terciarias, las láminas cuaternarias estaban muy reducidas y no se detectaron láminas de quinto orden. También se calculó el área de todas las láminas primarias, secundarias y terciarias. Aunque una gran cantidad de estudios investigaron el desarrollo fetal del omaso (por ejemplo, Redondo y col. 2011; Garcia y col. 2013) poco se sabe sobre el desarrollo de las láminas omasales en terneros. En bovinos adultos se han descrito láminas de quinto orden (Barone, 2010). Los informes sobre la evidencia embriológica de cinco órdenes de láminas omasales en ovejas (Wardrop, 1961) o búfalos de agua (Osman y Berg, 1982), donde los animales adultos a menudo no se describen con láminas de cinco órdenes, indican que presumiblemente puede haber fusión de láminas en el desarrollo. Becker y col.

(1952) y Tiwari y Jamdar (1970) informaron para el ganado vacuno y el búfalo de agua, respectivamente, que se desarrollan láminas de quinto orden al costado de las láminas de primer orden. Tanto en bovinos como en cabras (Fonseca y col., 1998) se ha demostrado un número creciente de láminas omasales con la edad, lo que probablemente no implica el origen de nuevas estructuras, sino el crecimiento de estructuras existentes a un tamaño reconocible. El estudio del desarrollo de las láminas omasales a diferentes edades ofrece un área interesante de estudios adicionales.

Según Huber (1979), a los 120 días el rumen es aproximadamente una vez y media el tamaño del abomaso, pero al nacer, el omaso abomaso pesa más y ocupa un mayor volumen que el retículo. Las papilas del retículo-rumen al momento de nacer tienen menos de 1 mm de altura pero crecen rápidamente con la introducción de alimentación sólida y alcanza su longitud máxima de 5 a 7 mm a las 8 semanas.

Kano y col. (1981) utilizaron moldes producidos por la inyección de resina sintética a través del esófago con el fin de describir las proporciones del estómago bovino fetal y en periodos neonatales tempranos. Hace referencia al tamaño de los órganos a medida que va evolucionando el feto, pero sin presentar medidas concretas sino a sus proporciones o relaciones a medida que avanza la edad del feto o neonato. Su discusión presenta que el tamaño de las cuatro partes del estómago en la edad fetal de 3 meses eran proporcionalmente similar a los adultos. El rumen fue el más largo incluyendo sus apéndices. El abomaso comienza a crecer hasta alcanzar el tamaño del rumen a los 5 meses de edad fetal, ya a los 6 meses de edad fetal el abomaso cambia la proporción siendo este más largo que el rumen. Hasta el nacimiento continúa creciendo hasta que duplica el tamaño en relación al rumen.

En relación al intestino, Asari y col. (1985) confirman que al nacimiento la disposición del intestino ya es similar a la del adulto. Pérez y col. (2009) presentaron datos acerca las medidas del intestino de vacas adultas, intestino delgado 3760-6300 cm, el ciego 32-75 cm, intestino grueso 730-1200 cm, proporción intestino delgado/intestino grueso 4,0-5,5. Esta proporción fue de 3,59 en los terneros de este trabajo. Presumiblemente, la longitud del intestino delgado en relación al grueso se va incrementando gradualmente en la vida postnatal.

## **10. CONCLUSIONES**

Es el primer trabajo que describe cuantitativamente la anatomía del aparato digestivo en terneros neonatos. Si bien a simple vista en la mucosa del estómago no hay desarrollo papilar por microscopia electrónica de barrido podemos observar una disposición similar a la del adulto.

Los datos recabados en nuestro ensayo sirven como punto de partida inicial en estudios del desarrollo de estos órganos en la etapa postnatal o ante el consumo de diferentes dietas.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. Arias, J. L., Cabrera, R., Valencia, A. (1978). Observations on the Histological Development of the Bovine Rumen Papillae Morphological Changes Due to Age1, 2. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 7(2): 140-151.
2. Asari, M, Wakui, S, Fukaya, K, Karo, Y. (1985). Formation of the bovine spiral colon. *Japanese Journal of Veterinary Science*, 47: 803–806.
3. Baldwin, R. L., McLeod, K. R., Klotz, J. L., Heitmann, R. N. (2004): Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre-and postweaning ruminant. *Journal of Dairy Science*, 87: E55-E65.
4. Barone, R (2010). *Anatomie comparée des mammifères domestiques*. 5<sup>a</sup> ed. Paris, Vigot. v.3.
5. Becker, R. B., Arnold, P., Marshall, S. P., Wing, J. (1952). Early development and function of the bovine stomach. *Journal of Dairy Science*, 35 (6): 504-505.
6. Beharka, A.A., Nagaraja, T.G., Morrill, J.L., Kennedy, G.A., Klemm, R.D. (1996): Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *Journal of Dairy Science*, 81: 1946–1955.
7. Castro Ramírez, A. (2002). *Ganadería de leche: enfoque empresarial. Producción bovina. Costa Rica. EUNED. (2002). t.1: 289.*
8. Clauss, M., Hofmann, R. R., Hummel, J., Adamczewski, J., Nygren, K., Pitra, C., Reese, S. (2006): The macroscopic anatomy of the omasum of free-ranging moose (*Alces alces*) and muskoxen (*Ovibos moschatus*) and a comparison of the omasal laminal surface area in 34 ruminant species. *Journal of Zoology*, 270: 346 - 358.
9. Clauss, M., Hofmann, R. R., Streich, W. J., Fickel, J., Hummel, J. (2008). Higher masseter muscle mass in grazing than in browsing ruminants. *Oecologia*, 157 (3): 377-285.
10. Clauss, M., Fritz, J., Bayer, D., Hummel, J., Streich, W. J., Südekum, K. H., Hatt, J. M. (2009). Physical characteristics of rumen contents in two small ruminants of different feeding type, the mouflon (*Ovis ammon musimon*) and the roe deer (*Capreolus capreolus*). *Zoology*, 112(3): 195-205.
11. Clauss, M., Fritz, J., Bayer, D., Nygren, K., Hammer, S.,...Hatt, JM., Südekum KH, Hummel, J.M. (2009). Physical characteristics of rumen contents in four large ruminants of different feeding type, the addax (*Addax nasomaculatus*), bison (*Bison bison*), red deer (*Cervus elaphus*) and moose (*Alces alces*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular Integrative Physiology*, 152(3): 398-406.

12. Clauss, M., Hummel, J. (2017). Physiological adaptations of ruminants and their potential relevance for production systems. *Revista Brasileira de Zootecnia*; 46(7): 606-613.
13. Cozzi, G., Gottardo, F., Mattiello, S., Canali, E., Scanziani, E., Verga, M., Andrighetto, I. (2002): The provision of solid feeds to veal calves: I. Growth performance, forestomach development, and carcass and meat quality. *Journal of Animal Science*, 80: 357-366.
14. Demment, M. W. (1982). The scaling of ruminoreticulum size with body weight in East African ungulates. *African Journal of Ecology*, 20(1): 43-47.
15. Flatt, W. P., Warner, R. G., Loosli, J. K. (1959): Evaluation of several techniques us Huber, J. T. (1969). Development of the digestive and metabolic apparatus of the calf. *Journal of Dairy Science*; 52(8):1303-1315.
16. Fonseca, C. C., Machado, G. V., Espeschit, C. J. B., das Neves, M. T. D., do Anjos Benjamin, L., Vasconcellos, R. S. (1998). Dados macroscópicos sobre as lâminas do omaso de caprinos mestiços. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 1(1): 41-45.
17. Fritz, J., Hummel, J., Kienzle, E., Arnold, C., Nunn, C., Clauss, M. (2009). Comparative chewing efficiency in mammalian herbivores. *Oikos*; 118(11): 1623-1632.
18. Garcia, A., Masot, J., Franco, A., Gazquez, A., Redondo, E. (2013). Histomorphometric and immunohistochemical study of the goat omasum during prenatal development. *Histology and Histopathology* 28 (6): 737-748.
19. Gilliland, R. L., L. J. Bush, J. D. Friend. (1962): Relation of ration composition to rumen development in early-weaned dairy calves with observations on ruminal parakeratosis. *Journal of Dairy Science*, 45: 1211–1217.
20. Hamada, T., S. Maeda, Kameoka, K. (1976): Factors influencing growth of rumen, liver, and other organs in kids weaned from milk replacers to solid foods. *Journal of Dairy Science*, 59: 1110–1118.
21. Hinders, R.G., Owen, F.G.(1965): Relation of ruminal parakeratosis development to volatile fatty acid absorption. *Journal of Dairy Science*, 48: 1069– 1073.
22. Hofmann, R. R. (1973). The ruminant stomach. Stomach structure and feeding habits of East African game ruminants. 354 p.
23. Hofmann, R.R., Schnorr, B. (1982). Functional morphology of ruminant stomach. *ureau*.
24. Hofmann, R.R., Knight, M.H. Skinner, J.D. (1995): On structural characteristics and morphophysiological adaptation of the springbok (*Antidorcas marsupialis*) digestive system. – *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 50: 125– 142.
25. Holtenius, K., Björnhag, G. (1989): The significance of water absorption and fibre digestion in the omasum of sheep, goats and cattle. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A*, 94: 105–109.
26. Hoover, W. H. (1978): Digestion and absorption in the hindgut of ruminants. *Journal of Animal Science*, 46: 1789-1799.

27. Huber, J. T. (1969). Development of the digestive and metabolic apparatus of the calf. *Journal of Dairy Science*; 52(8):1303-1315.
28. Jones, C. M., Heinrichs, A. J. (2006). *Calf Care*. WD Hoard.
29. Kano, Y., Fukaya, K., Asari, M., Eguchi, Y. (1981): Studies on the development of the fetal and neonatal bovine stomach. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 10(3): 264-274.
30. Langer, P. (1988): *The mammalian herbivore stomach*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 557p.
31. Lechner-Doll, M., Kaske, M., Engelhardt, W. V. (1991). Factors affecting the mean retention time of particles in the forestomach of ruminants and camelids. In *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants*: p.455-482. Academic Press.
32. McGrosky, A., Codron, D., Müller, D. W., Navarrete, A., Isler, K., Hofmann, R. R., Clauss, M. (2019). Gross intestinal morphometry and allometry in ruminants. *Journal of morphology*. *Journal of Morphology* 280(9): 1254-1266.
33. Nocek, J. E., Kesler, E. M. (1980): Growth and Rumen Characteristics of Holstein Steers Fed Pelleted or Conventional Diets<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 63: 249-254.
34. Nocek, J. E. (1997): Bovine acidosis: Implications on laminitis. *Journal of Dairy Science*, 80:1005–1028.
35. Ørskov, E. R., D. Benzie, Kay, R. N. B. (1970): The effects of feeding procedure on closure of the oesophageal groove in young sheep. *British Journal of Nutrition*, 24:785–794.
36. Osman, A. H., Berg, R. (1982). Studies on the histogenesis of the Tunica mucosa of the stomach of the Egyptian water buffalo (*Bos bubalus* L.). IV. Histogenesis of the omasal mucosa. *Anatomischer Anzeiger*, 151(5): 467-471.
37. Owens, F. N., Dubeski, P., Hanson, C. F. (1993): Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science*, 71: 3138-3150.
38. Pérez, W., Lima, M., Clauss, M. (2009). Gross anatomy of the intestine in the giraffe (*Giraffa camelopardalis*). *Anatomia, histologia, embryologia*, 38(6): 432-435.
39. Pérez, W., Erdogan, S., Ungerfeld, R. (2015): Anatomical study of the gastrointestinal tract in free-living Axis deer (*Axis axis*). *Anatomia Histologia Embryologia*, 44: 43 – 49.
40. Redondo, E., Masot, J., García, A., Franco, A. (2011). Ontogenesis of the omasum: a comparative analysis of the Merino sheep and Iberian red deer. *Histology and Histopathology*. 26(9): 1135-1144.
41. Repetto, J.L; Mendoza, A; Antúnez, G.; Cajarville, C. (2016) Nuevos paradigmas en la Cría y Recría de Hembras lecheras. *Jornadas Uruguayas de Buiatría, Paysandú, Uruguay*, p.34-41.
42. Rickard, M. D., Ternouth, J. H. (1965): The effect of the increased dietary volatile fatty acids on the morphological and physiological development of

- lambs with particular reference to the rumen. *Journal of Agricultural Science*, 65:371–382.
43. Sander, E. G., H. N. Warner, H. N. Harrison, Loosli, J. K. (1959): The stimulatory effect of sodium butyrate and sodium propionate on the development of rumen mucosa in the young calf. *Journal of Dairy Science*, 42:1600–1605.
  44. Sauer, C., Bertelsen, M.F., Lund, P., Weisbjerg, M.R. Clauss, M. (2016): Quantitative macroscopic anatomy of the giraffe (*Giraffa camelopardalis*) digestive tract. – *Anatomia Histologia Embryologia*, 45: 338–349.
  45. Singh, A. D., Singh, O. (2017). Prenatal and neonatal development of mandibular salivary gland of Indian buffalo. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1): 373-383.
  46. Smith, R. H. (1961): The development and function of the rumen in milk-fed calves. II. Effect of wood shavings in the diet. *Journal of Agricultural Science*, 56:105–113.
  47. Stobo, I. J. F., Roy, J. H. B. , Gaston, H. J. (1966): Rumen development in the calf. *British Journal of Nutrition*, 20: 171–188.
  48. Suárez, B. J., Van Reenen, C. G., Gerrits, W. J. J., Stockhofe, N., Van Vuuren, A. M. y Dijkstra, J. (2006): Effects of Supplementing Concentrates Differing in Carbohydrate Composition in Veal Calf Diets: II. Rumen Development<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 89: 4376-4386.
  49. Suárez, B. J., Van Reenen, C. G., Stockhofe, N., Dijkstra, J., Gerrits, W. J. J. (2007): Effect of Roughage Source and Roughage to Concentrate Ratio on Animal Performance and Rumen Development in Veal Calves<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science*, 90: 2390-2403.
  50. Tamate, H., A. D. McGilliard, N. L. Jacobson, Getty, R. (1962): Effect of various dietaries on the anatomical development of the stomach in the calf. *Journal of Dairy Science*, 45:408–420.
  51. Teixeira, A. F., Kühnel, W., Vives, P., Wedel, T. (2009): Functional morphology of unguiculiform papillae of the reticular groove in the ruminant stomach. *Annals of Anatomy-Anatomischer Anzeiger*, 191: 469-476.
  52. Tiwari, G. P., Jamdar, M. N. (1970). Studies on the gross and histological structure and development of the fore-stomachs of Indian water-buffalo-calf in early postnatal life with reference to normal feeding. III. Omasum. *Indian Journal of Animal Sciences*, 40 : 574-578.
  53. Van Soest, P. J. (1994): Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University , 476p.
  54. Vivo, J., Robina, A., Regodón, S., Guillén, M. T., Franco, A., Mayoral, A. I. (1990). Histogenetic evolution of bovine gastric compartments during the prenatal period. *Histology and Histopathology* 5 (4): 461-476.
  55. Von Engelhardt, W., Hauffe, R. (1975): Funktionen des Blattermägens bei kleinen Hauswiederkäuern. IV. Resorption und Sekretion von Elektrolyten. *J. Vet. Med. Ser. A* 22 : 363–375.

56. Wardrop, I. D. (1961). Some preliminary observations on the histological development of the fore-stomachs of the lamb I. Histological changes due to age in the period from 46 days of foetal life to 77 days of post-natal life. *The Journal of Agricultural Science*, 57(3): 335-341.
57. Warner, R. G., W. P. Flatt, Loosli, J. K. (1956): Dietary factors influencing the development of the ruminant stomach. *Agricultural and Food Chemistry*: 4: 788–801.
58. Warner, E. D. (1958). The organogenesis and early histogenesis of the bovine stomach. *American Journal of Anatomy*; 102(1): 33-63.